

```

E := | m ← 0
      | for i ∈ 0..rows(D) - 1
      |   if mod(i,10) = 0
      |     | Xm ← Di,2
      |     | m ← m + 1
      | X

```

Рис. 2. Пример программы для выбора элементов из исходной матрицы

Здесь количество строк исходной матрицы задается с помощью встроенной функции `rows(M)`, а каждое десятое значение выбирается с использованием встроенной функции `mod(x,n)`, которая возвращает остаток от деления  $x$  на число  $n$ .

Если условие `mod(i,10)=0` выполняется, то  $m$ -ому элементу вектора  $E$  присваивается значение  $D_{i,2}$  и осуществляется переход к следующему элементу. Если условие не выполняется, то на соответствие условию проверяется следующий индекс  $i$ . Количество повторений цикла определяется переменной  $i$ , которая задана рядом с оператором цикла `for`.

Используя рассмотренные средства автоматизации, можно значительно ускорить обработку экспериментальных данных и избавиться от рутинных расчетов, благодаря чему исследователь может сосредоточиться на творческой работе.

**Климова В.А., Булыгин А.А.**

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ В УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ  
СТУДЕНТОВ

*artem1010@rambler.ru*

*ГОУ ВПО "УГТУ-УПИ имени первого Президента России*

*Б.Н.Ельцина"*

*г. Екатеринбург*

*Рассмотрены некоторые аспекты применения САПР в учебной исследовательской работе студентов теплоэнергетических специальностей и новые возможности, которые открывает компьютерное моделирование. Приведен пример компьютерной модели экспериментальной установки и результаты моделирования.*

*Some aspects of the CAD system application in the heat engineering specialties students' research work are regarded. The new possibilities computer modeling opens up are demonstrated. An example of an experimental facility computer model and the modeling results are presented.*

В процессе обучения по специальностям «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» и «Атомные электрические станции и

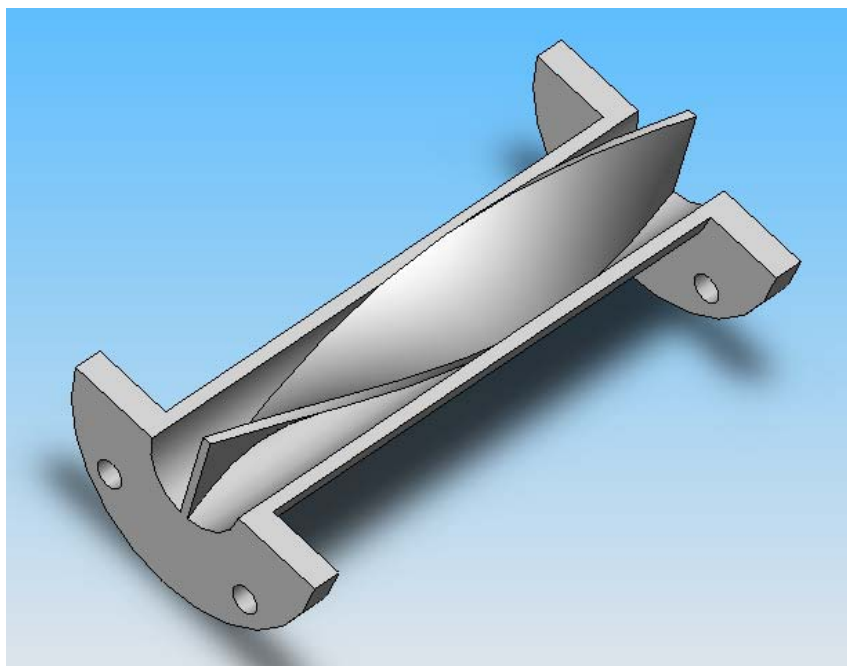
установки» студенты занимаются исследовательской работой, которая включает в себя постановку задачи, создание экспериментальной установки, проведение экспериментов и оценку результата. Наиболее затратная по времени и средствам часть работы – это создание экспериментальной установки, потому что в ходе исследования часто приходится видоизменять исходную задачу и, следовательно, установку. Упростить и ускорить процесс создания и модифицирования экспериментальной установки можно с помощью систем автоматизированного проектирования и расчетных сред, которые позволяют виртуально решать многие исследовательские задачи.

В ходе работы перед учащимися упомянутых специальностей часто встают вопросы из области аэрогидродинамики и теплообмена – а именно, расчет ветровой нагрузки на сооружение и теплообмена излучением, расчет гидравлического сопротивления канала, эффективности нагрева или охлаждения твердых тел текучей средой или текучей среды твердыми телами, расчет силовой нагрузки, создаваемой потоком на элементах системы. В то же время созданы и активно используются проектными организациями компьютерные пакеты, позволяющие рассчитывать аэрогидродинамические и тепловые характеристики модели. Применение подобных программ в учебно-исследовательской работе студентов (УИРС) могло бы значительно ускорить эту работу, а также дало бы необходимые в последующей трудовой деятельности навыки компьютерного моделирования.

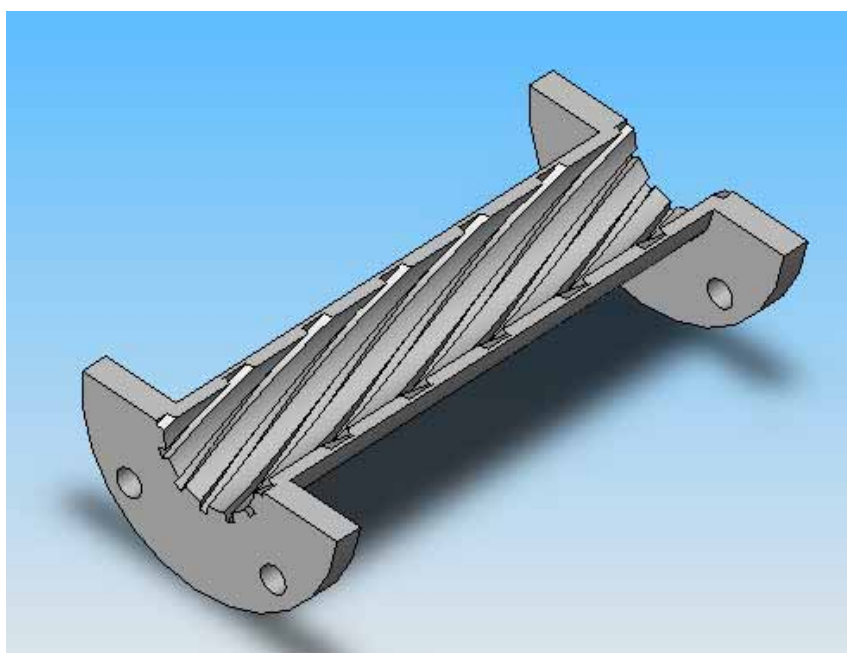
В этом учебном году студенты пятого курса специальности «Атомные энергетические станции и установки» начали изучение пакетов SolidWorks и CosmosFloWorks и применения их в инженерной практике. Группа студентов – А.А. Булыгин, А.В. Жуков, Д.В. Шило и Е.Ю. Юровских - решила применить полученные навыки в своей УИРС, которая заключалась в исследовании эффективности вставок-завихрителей.

В трубопроводах АЭС, особенно тех, где течет двухфазная среда, возникают вибрации, которые необходимо гасить. Для этого обычно используются опоры и подвески, которые фиксируют трубопровод в неподвижном состоянии. Студенты выясняли, можно ли для той же цели использовать более простую конструкцию – вставки-завихрители. Вставка-завихритель представляет собой участок трубопровода, снабженный добавочными элементами – ребрами, канавками и т.п., который должен перемешивать и завихрять поток, изменяя величину и направление локальных скоростей и тем самым снижая вибрации трубопровода.

Рассматривались несколько вариантов вставок-завихрителей: поперечно-пластинчатый, шнековый, с эвольвентными лентами и с разным количеством полусферических эвольвентных канавок. Вставки-завихрители были смоделированы в пакете SolidWorks, модели вставок приведены на рисунках 1 и 2.



*Рис. 1. Поперечно-пластинчатый завихритель.*



*Рис. 2. Завихритель с 12 эвольвентными канавками.*

Для испытания эффективности вставок-завихрителей имеется стенд вибродиагностики, представляющий собой систему трубопроводов, через которую можно прокачивать с разной скоростью среду – воду, воздух или их смесь. В четырех местах можно расположить вставки-завихрители – они являются съемными элементами и при необходимости их можно заменять на гладкие вставки или завихрители другого профиля. Эти вставки расположены в тех местах, где нагрузка на трубопровод максимальна, т.е. где поток изменяет свое направление – перед изгибами трубопровода. В процессе исследования измеряется вибрация трубопровода при наличии вставки и без нее.

В программе SolidWorks студенты построили модель описанного стенда в нескольких конфигурациях – со вставками разного профиля и без вставок. Затем они произвели расчет гидродинамических характеристик построенной модели при различных входных условиях потока: граничные условия на входе задавались скоростью от 0 до 12 м/с, а на выходе – давлением (принято атмосферным). Расчет был произведен для двух сред – жидкости и газа. Целью расчета являлась сила, с которой поток воздействует на стенки трубопровода в местах сгибов. Затем полученные значения подвергались обработке, чтобы можно было сопоставить их с результатами экспериментальных измерений.

Отклонение результата измерений на стенде и результата компьютерного расчета находилось в пределах 15%, из чего можно сделать вывод, что компьютерная модель достаточно точна, и, следовательно, в дальнейшем можно не изготавливать вставки-завихрители для испытания на вибростенде, а ограничиться компьютерным расчетом. И только потом, если данные компьютерного расчета покажутся исследователю достаточно интересными, можно уточнить характеристики данного профиля вставки-завихрителя на вибродиагностическом стенде.

Однако созданная модель еще не совершенна: для задач данного исследования наибольший интерес представляют не однофазные течения, а двухфазные: эмульсионный, пробковый и кольцевой режим. Трудность состоит в том, что пакет CosmosFloWorks не содержит простых инструментов расчета двухфазного течения. Двухфазные течения можно моделировать как движение твердых частиц в жидкости. Создание модели двухфазного течения потребует дополнительной верификации. Возможно, это станет частью дипломной работы кого-нибудь из студентов.

Тем не менее, полученные результаты уже были представлены на выставках, где работа студентов получила высокую оценку. Отсюда можно сделать вывод, что применение компьютерного моделирования теплогидравлических процессов в УИРС вызывает интерес как преподавателей, так и представителей промышленных организаций.

Применение систем автоматизированного проектирования в учебно-исследовательской работе позволяет:

- ускорить и удешевить процесс создания экспериментальной установки;
- глубже понять процессы, происходящие в исследуемой области;
- научиться ставить граничные и начальные условия задач теплообмена и аэрогидродинамики;
- сформировать навык постановки целей расчета;
- оптимизировать обработку результатов исследовательской работы.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что применение компьютерного моделирования в учебно-исследовательской работе студентов оправдано и полезно и может значительно улучшить образовательный процесс.